

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 31.10.2023 16:53:57

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

И.Г.Игнатова

2023 г.



**ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ
“ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ
АНАЛОГОВЫХ И ЦИФРОВЫХ БЛОКОВ НАНОРАЗМЕРНЫХ СНК”**

Москва - 2021

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Цель: формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для профессиональной деятельности в области разработки и проектирования микросхем аналогового и смешанного сигнала, а также “систем на кристалле” (СнК) с помощью специализированных программных средств и приобретения новой квалификации по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника». Программа разработана с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Минобрнауки России от 19 сентября 2017 г. №929.

Данное направление является смежным по отношению к направлению 11.04.04 “Электроника и нанoeлектроника” и позволяет закрыть недостающие компетенции в области специалиста по программным средствам моделирования и проектирования СнК в целом, по сравнению к специалистам в области проектирования приборов электроники и нанoeлектроники.

Целевые слушатели программы – студенты по направлению 11.04.04 “Электроника и нанoeлектроника”, а также иные слушатели, желающие приобрести компетенции в профессиональной области программы.

1.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

Наименование нового вида деятельности: совокупность средств, способов и методов деятельности, направленных на теоретическое и экспериментальное исследование, математическое и компьютерное моделирование, проектирование, конструирование, компонентов, электронных приборов микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения

Область профессиональной деятельности: 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности.

Объекты профессиональной деятельности: компоненты, электронные приборы, устройства, методы их исследования, проектирования и конструирования, математические модели, алгоритмы решения типовых задач, современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий микро - и нанoeлектроники.

Задачи профессиональной деятельности:

- анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников;
- проектирование микросхем аналогового и смешанного сигнала, а также “систем на кристалле” с учетом заданных требований;
- использование программных средств схемотехнического представления нанoeлектронных систем на кристалле в САПР Cadence;
- разработка топологического представления нанoeлектронных систем на кристалле в САПР Cadence;
- использование программных средств разработки функционально-логического представления цифровых блоков в САПР Cadence;

- разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями;
- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи;
- разработка математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых микросхем аналогового и смешанного сигнала, а также “систем на кристалле”.

Квалификация: Специалист в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков систем на кристалле.

Вид экономической деятельности: Деятельность в области информации и связи.

Укрупненная группа специальностей: 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи.

1.3. Требования к результатам освоения программы

Планируемые результаты освоения программы: выпускник должен обладать компетенциями в следующих областях использования программных средств для проектирования систем-на-кристалле:

- программные средства схемотехнического представления наноэлектронных систем на кристалле в САПР Cadence;
- разработка топологического представления наноэлектронных систем на кристалле в САПР Cadence;
- программные средства разработки функционально-логического представления цифровых блоков в САПР Cadence;
- введение в проектирование аналоговых блоков СнК в САПР Cadence.

Компетенции определены на основании профессиональных стандартов:

- 40.040 Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков
- 40.016 Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалл
- 06.004 Специалист по тестированию в области информационных технологий

Планируемые результаты освоения программы

Код и формулировка компетенции	Трудовые функции, в соответствии с ПС		Индикаторы достижения компетенций
	Наименование	Код	
Способен использовать программные средства для схемотехнического моделирования и проектирования аналоговых и цифровых блоков наноразмерных СнК (ПК-1)	Разработка схемотехнических описаний блоков аналоговой части	40.016 Е/04.7	Знания: Аналоговая схемотехника САПР аналогового проектирования и моделирования Умения: Разрабатывать аналоговые блоки, проводить моделирование аналоговых блоков средствами САПР Опыт деятельности: Разбиение аналоговых блоков на функциональные субблоки небольшого размера; разработка схемотехнических решений функциональных субблоков, создание символьных представлений; Разработка и описание тестовых окружений для аналоговых субблоков
	Моделирование и анализ результатов моделирования отдельных аналоговых блоков и аналоговой части в целом	40.016 Е/05.7	Знания: Аналоговая схемотехника; САПР аналогового проектирования и моделирования Умения: Разрабатывать аналоговые блоки, Проводить моделирование аналоговых блоков средствами САПР Опыт деятельности: Временной анализ, анализ по постоянному и по переменному току, анализ шумов, анализ в температурном диапазоне, спектральный анализ; Статистический анализ и "анализ по углам" для определения правильности функционирования схемы при разбросе технологических параметров при изготовлении
	Разработка электрической принципиальной схемы СФ-блока	40.040 D/01.7	Знания: Основные принципы построения электрических схем простейших элементов. Умения: Использовать функциональные возможности и способы применения программных пакетов систем автоматизированного проектирования Проводить минимизацию логической функции. Проводить описание поведенческих моделей СФ-блоков Опыт деятельности: Интерактивная разработка электрической и/или логической схемы СФ-блока. Моделирование электрических схем СФ-

			блоков
	Определение основных статических и динамических характеристик СФ-блока	40.040 D/03.7	Знания: Основные принципы построения электрических схем простейших элементов, основные принципы сквозного проектирования, языки поведенческого описания цифровых компонентов и логических функций Умения: Моделировать электрические схемы цифровых устройств, использовать функциональные возможности и способы применения программных пакетов систем автоматизированного проектирования, использовать техническую документацию и современные информационные технологии для решения поставленных задач Опыт деятельности: Разработка необходимых наборов тестов для верификации СФ-блоков, измерение основных статических характеристик СФ-блока, измерение основных динамических характеристик СФ-блока
Способен разрабатывать топологическое представление наноэлектронных систем на кристалле в САПР Cadence (ПК-2)	Размещение стандартных ячеек и выполнение предварительной трассировки	40.016 D/02.7	Знания: Основы системного проектирования микроэлектронных устройств на базе принципа модульности с цифровым микропроцессорным (компьютерным) управлением Умения: Выбирать и описывать модели электронной компонентной базы на различных этапах проектирования с учетом выбранного маршрута проектирования Опыт деятельности: Анализ первичного технического задания и определение состава СнК. Определение множества специальных математических, логических и других функций и операций, описывающих работу СнК. Разработка поведенческой высокоуровневой модели всей системы без учета временных характеристик средствами C#, SystemC, VHDL, Verilog
	Осуществление предварительной экстракции	40.016 D/03.7	Знания: Основные методы моделирования и физического макетирования, методы и особенности

	паразитных параметров, проведение статического временного анализа		процедуры экстракции Умения: Проводить физическое проектирование и верификацию средствами САПР, выполнять статический временной анализ Опыт деятельности: Процедура предварительной экстракции паразитных параметров СнК, статический временной анализ и вычисление задержек средствами САПР
	Разработка топологических представлений отдельных аналоговых блоков и аналоговой части в целом	40.016 E/06.7	Знания: Аналоговая схемотехника Маршрут проектирования, особенности проектирования топологии аналоговых устройств, САПР аналогового проектирования и моделирования Умения: Разрабатывать аналоговые блоки Пользоваться программными средствами топологического проектирования и моделирования Опыт деятельности: Разработка топологических чертежей отдельных аналоговых блоков в ручном режиме Разработка набора ограничений на конфигурации топологических представлений аналоговых субблоков
	Выполнение верификации и моделирование топологического представления аналоговых блоков и аналоговой части в целом	40.016 E/07.7	Знания: Особенности проектирования топологии аналоговых устройств САПР аналогового проектирования и моделирования Умения: Пользоваться программными средствами топологического моделирования и проектирования Проводить моделирование аналоговых блоков средствами САПР Опыт деятельности: Физическая и электрическая верификация топологических представлений блоков средствами САПР Экстракция паразитных параметров требуемого уровня детализации Построение списка соединений с учетом экстрагированных паразитных компонентов в формате SPICE
Способен использовать программные средства для	Поведенческое описание СФ-блока	40.040 F/01.7	Знания: Основные принципы построения электрических схем простейших элементов, Принципы сквозного проектирования, Языки поведенческого

разработки функционально-логического представления цифровых блоков в САПР Cadence (ПК-3)			описания цифровых компонентов и логических функций Умения: Проводить описание моделей стандартных элементов на поведенческом языке, Использовать целевые системы автоматизированного проектирования, проектировать электрические схемы цифровых электронных устройств, реализующих требуемые логические функции Опыт деятельности: Разработка поведенческого описания модели СФ-блока, разработка тестовых воздействий для моделирования СФ-блока
	Функционально-логическое моделирование СФ-блока, проверка соответствия функционирования поведенческой модели СФ-блока и электрической схемы СФ-блока	40.040 F/02.7	Знания: Основные принципы построения электрических схем простейших элементов. Принципы сквозного проектирования. Языки поведенческого описания цифровых компонентов и логических функций Умения: Проводить описание моделей стандартных элементов на поведенческом языке, Использовать целевые системы автоматизированного проектирования Опыт деятельности: Функционально-логическое моделирование СФ-блока Сравнение результатов функционально-логического моделирования и схемотехнического моделирования Создание набора тестов, необходимых для полной проверки функционирования
	Разработка документов для тестирования и анализ качества покрытия	06.004 C/03.6	Знания: Определение цели и объекта тестирования. Составление плана тестирования. Выбор видов тестирования и их применения по отношению к объекту тестирования Умения: формулировать и структурировать полученную информацию. Оценивать важность различных тестов Опыт деятельности: модели тестирования, планирование тестирования, техники тестирования
Способен проектировать аналоговые	Проведение анализа технического	40.016 E/01.7	Знания: Принципы построения и функционирования аналоговых устройств Аналоговая схемотехника

блоки САПР (ПК-4)	СнК в Cadence	задания на аналоговую часть, разработка архитектуры аналоговой подсистемы		Умения: Разрабатывать спецификацию аналоговых блоков Проектировать схемы аналогового и смешанного сигналов Опыт деятельности: Анализ аналогичных готовых решений и определение общего состава блоков аналоговой части СнК Определение необходимых уровней питающих, входных и выходных напряжений
		Проектировка поведенческой модели аналоговой части проекта для моделирования в составе всей системы в целом	40.016 Е/02.7	Знания: Языки поведенческого описания (Verilog-A(AMS), VHDL, Mathlab) Методики аналогового моделирования Умения: Определять моделируемые характеристики аналоговых блоков Составлять спецификации аналоговых блоков, правильно оценивать возможности средства описания моделей и сопоставлять их с уровнем модели и спецификацией, Владеть средствами аналогового прототипирования высокого уровня Опыт деятельности: Выбор средства описания поведенческой модели Разработка высокоуровневой поведенческой модели блоков аналоговой части СнК Моделирование, отладка и верификация блоков аналоговой части СнК

1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы

Лица, желающие освоить дополнительную профессиональную программу, должны иметь высшее техническое образование по направлению подготовки 09.03.01, 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», 11.03.04, 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»; 11.03.01, 11.04.01 «Радиотехника»; 11.03.02, 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»; 11.03.03, 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» и обладать квалификацией — бакалавр или магистр. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца.

1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 258 часов, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

1.6 Форма обучения

Форма обучения – заочная, с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Окончательная форма обучения может устанавливается при наборе группы слушателей и фиксируется в договорах с заказчиками на оказание образовательных услуг.

1.7 Режим занятий

Занятия проводятся без отрыва от работы.

При любой форме обучения учебная нагрузка устанавливается не более 54 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя. Продолжительность одного часа занятий 45 минут.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план

программы профессиональной переподготовки

«Программные средства моделирования и проектирования аналоговых и цифровых блоков наноразмерных СнК»

№ п/п	Наименование дисциплин (модулей)	Общ.тр- емк., ч	ДОТ				СРС, час	Промеж. аттестация
			всего	Лекции	Лаб. раб.	Практ. Зан.		
1	Программные средства схемотехнического представления нанoeлектронных систем на кристалле в САПР Cadence	24	14	6	8	-	10	зачет
2	Разработка топологического представления нанoeлектронных систем на кристалле в САПР Cadence	78	48	24	24	-	30	зачет
3	Программные средства разработки функционально-логического представления цифровых блоков в САПР Cadence	52	32	16	16	-	20	зачет
4	Введение в проектирование аналоговых блоков СнК в САПР Cadence	44	24	10	14	-	20	зачет
5	Практика	56	-	-	-	-	56	зачет
6	Итоговая аттестация	4	защита итоговой аттестационной работы (ИАР)					
	Итого	258	118	56	62	-	136	

2.2. Календарный учебный график

Учебная программа переподготовки включает в себя 4 дисциплины

Мес	Сентябрь				Октябрь				Ноябрь				Декабрь				Январь				Февраль				Март				Апрель				Май				Июнь																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Числа	1-5	6-12	13-19	20-26	27-3	4-10	11-17	18-24	25-31	1-7	8-14	15-21	22-28	29-5	6-12	13-19	20-26	27-2	3-9	10-16	17-23	24-30	31-6	7-13	14-20	21-27	28-6	7-13	14-20	21-27	28-3	4-10	11-17	18-24	25-1	2-8	9-15	16-22	23-29	30-5	6-12	13-19	20-26	27-30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Д1																			6	6	6	6	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Д2																			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Д3																											6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	2	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Д4																												5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

ИА - итоговая аттестация в виде защиты ИАР

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	ЭО или ДОТ, час			Самост. работа, час
			Лекции, час	Практ.Зан. час	Лаб.зан. час	
1	Схемотехническое моделирование интегральных элементов	6	2	-	2	2
2	Расчет статических и динамических характеристик цифрового элемента СнК	11	2	-	4	5
3	Расчет частотных характеристик аналогового элемента СнК	7	2	-	2	3
	Всего	24	6	-	8	10

Итоговая аттестация: зачет

3.1.4. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Схемотехническое моделирование интегральных элементов	2
2	Расчет статических и динамических характеристик цифрового элемента СнК	2
3	Расчет частотных характеристик аналогового элемента СнК	2

Практические занятия не предусмотрены

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1	Исследование статических ВАХ МОПТ с индуцированным каналом	2
2	Исследование статических характеристик цифрового элемента.	2
2	Исследование динамических характеристик цифрового элемента.	2
3	Исследование частотных характеристик аналогового элемента.	2

Самостоятельная работа слушателей

№ модуля дисциплины	Объем работы (часы)	Вид СРС
1	2	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
2	5	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
3	3	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.

3.1.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс): Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Под ред. О.П. Глудкина. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 768 с.
2. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники / А.Г. Алексенко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых знаний. Физматлит : Юнимедиастилл, 2002. - 448 с.
3. Уэйкерли Д.Ф. Проектирование цифровых устройств : Пер. с англ. Т. 1 / Д.Ф. Уэйкерли. - М. : Постмаркет, 2002. - 544 с.
4. Уэйкерли Д.Ф. Проектирование цифровых устройств : Пер. с англ. Т. 2 / Д.Ф. Уэйкерли. - М. : Постмаркет, 2002. - 1088 с.

5. Шишина Л.Ю. Элементная база биполярных цифровых ИС: Конспект лекций по курсу "Элементная база БИС" / Л.Ю. Шишина. - М. : МИЭТ, 1998. - 116 с.

3.1.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	лекции	компьютер с выходом в интернет, Zoom
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	компьютер с выходом в интернет, Zoom, доступ к удаленному серверу с системой моделирования Cadence

3.1.7. Система контроля и оценивания. Структура и график контрольных мероприятий

Оценка качества освоения теоретической части проводится с использованием тестирования в Moodle-ОРИОКС. Выполнение лабораторных работ оценивается представлением отчета по работе и/или тестирования после работы. Зачет по дисциплине ставится по результатам тестирования и выполнения/оформления отчета/тестирования по всем лабораторным работам.

3.2.4. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Введение в проектирование цифровых устройств, классические маршруты.	1
1	Командный интерпретатор TCL	1
2	Конечные автоматы, виды, примеры поведенческого описания.	2
3	Синтез логических схем из поведенческого описания	1
3	Синтез топологии цифрового устройства	1
3	Завершающие этапы проектирования цифрового устройства	1
3	Тестирование схем сканирующие цепочки.	1
4	Основы работы с редактором топологии Cadence Virtuoso Layout Suite XL. Структура PDK. Топологические представления основных приборов.	1
4	Особенности проектирования топологии биполярных транзисторов, диодов, охранных колец, изолированных приборов.	1
4	Маршрут проектирования топологии. Система на кристалле и система в корпусе.	2
4	Классификация и конфигурации контактных площадок.	1
4	Различные виды контактных площадок: с ESD-защитой, clamp, СВЧ, для цифровых выводов. Электрические схемы и топологии.	1
4	Площадь кристалла. Принципы расположения контактных площадок.	2
4	Метки на кристалле. SealRing.	1
4	Способы заполнения пустот на кристалле.	1
4	Этапы финализации проекта.	1
4	Создание специальных меток и областей.	1
4	Роль «филлеров» (фиктивных областей). Написание скриптов.	1
4	Особенности генерации фиктивных областей с помощью инструмента PVS.	1
4	Подготовка данных для отправки на производство. GDS-файл.	1
4	Зачётное занятие. Подведение итогов.	1

Практические занятия

не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1	Разработка и моделирование RTL описаний комбинационных схем	4
1	Разработка и моделирование RTL описаний последовательных схем	4
2	Синтез логической схемы из RTL описаний комбинационных схем	2
2	Синтез логической схемы из RTL описаний последовательных схем	2
3	Синтез топологии комбинационных схем	2
3	Синтез топологии последовательных схем. Выполнение комплексного задания	2
4	Проектирование контактных площадок со специальной защитой.	2
4	Проектирование рамки с контактными площадками и шинами питания и земли.	2
4	Совмещение рамки с топологией готового СФ-блока.	2
4	Генерация фиктивных областей. Создание файла GDS.	2

Самостоятельная работа слушателей

№ модуля дисциплины	Объем работы (часы)	Вид СРС
1	5	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
2	5	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
3	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
4	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.

3.2.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : Учеб. пособие / В.И. Старосельский; [Под ред. Ю.А. Парменова]. - М. : Юрайт : Высшее образование, 2009. - 463 с.
2. Эннс В.И. Проектирование аналоговых КМОП - микросхем: Краткий справочник разработчика / В.И. Эннс, Ю.М. Кобзев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 454 с.
3. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне / Б.П. Вонг, А. Миттал, Ю. Цао, Г. Старр; Пер. с англ. К.В. Юдинцева, под ред. Н.А. Шелепина. - М. : Техносфера, 2014. - 432 с. - ISBN 978-5-94836-377-6
4. Миндеева А.А. Интерактивное проектирование ИС интегрированными средствами

системы Cadence : Учеб. пособие – М.: МИЭТ, 2008. – 208 с. - ISBN 978-5-7256-0509-9

3.2.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	лекции	компьютер с выходом в интернет, Zoom
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	компьютер с выходом в интернет, Zoom, доступ к удаленному серверу с системой моделирования SentaurusTCAD

3.2.7. Система контроля и оценивания. Структура и график контрольных мероприятий

Оценка качества освоения теоретической части проводится с использованием тестирования в Moodle-ОРИОКС. Выполнение лабораторных работ оценивается представлением отчета по работе и/или тестирования после работы. Зачет по дисциплине ставится по результатам тестирования и выполнения/оформления отчета/тестирования по всем лабораторным работам.

3.3.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

3.3.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции:

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Умения: выполнять описание поведенческой модели, разработку электрической схемы и топологии логического элемента, анализировать результаты моделирования.

3.3.3. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	ЭО или ДОТ, час			Самост. работа, час
			Лекции, час	Практ.Зан. час	Лаб.зан. час	
1.	Основы проектирования стандартных элементов библиотеки	24	6	-	8	10
2	Введение в язык поведенческого описания VERILOG схем.	15	6	-	4	5
3	Синтез логических схем, из поведенческого описания с использованием библиотеки стандартных элементов	13	4	-	4	5
	Всего	52	16	-	16	20
Итоговая аттестация: зачет						

3.3.4. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Классический маршрут проектирования цифровых интегральных схем, с использованием стандартных ячеек, классификации интегральных схем, ПЛИС, БМК.	1
1	Основные характеристики стандартных элементов, способы измерения, моделирование.	1
1	Примеры электрических схем стандартных элементов, способы их тестирования.	1
1	Топологические нормы, назначение	1
1	Примеры топологии библиотечных элементов.	1
1	Особенности топологического проектирование с проектными нормами 90 - 65 нм	1
2	Ведение в VERILOG, Маршрут проектирования, Формат VERILOG модуля, Алфавит, операторы	1
2	Уровни абстракции при поведенческом описании схем, примеры	1
2	Типы данных, конструкции assign always, блокирующее и не блокирующее присвоение	1
2	Конструкции if, case; Циклы	1
2	Примеры описаний библиотечных элементов	1
2	Тестирование, написание файлов TESTBENCH	1
3	Назначение и синтаксис файла LIB	1
3	Примеры проведения экстраполяции временных параметров схемы с использование LIB файла	1
3	Назначение и синтаксис файла LEF	1
3	Назначение и синтаксис файла SDF	1

Практические занятия не предусмотрены

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1	Схемотехническое проектирование логических вентилей. Характеризация.	2
1	Схемотехническое проектирование триггера. Характеризация.	2
1	Топологическое проектирование логических вентилей. Экстракция и характеризация.	2

1	Топологическое проектирование триггера. Экстракция и характеристика.	2
2	Разработка VERILOG моделей логических вентилей и триггеров.	2
2	Создание VERILOG NETLIST счетчика.	2
3	Смешанное моделирование VERILOG NETLIST счетчика.	2
3	Выполнение комплексного задания.	2

Самостоятельная работа слушателей

№ модуля дисциплины	Объем работы (часы)	Вид СРС
1	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
2	5	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
3	5	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.

3.3.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : Учеб. пособие / В.И. Старосельский; [Под ред. Ю.А. Парменова]. - М. : Юрайт : Высшее образование, 2009. - 463 с.
2. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники / А.Г. Алексенко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых знаний. Физматлит : Юнимедиастайл, 2002. - 448 с.
3. Эннс В.И. Проектирование аналоговых КМОП - микросхем : Краткий справочник разработчика / В.И. Эннс, Ю.М. Кобзев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 454 с.
- Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: Учеб. пособие / - 3-е изд. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 800 с.
4. Грушвицкий Р.И. Проектирование систем на микросхемах с программируемой структурой / Р.И. Грушвицкий, А.Х. Мурсаев, Е.П. Угрюмов. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. - 736 с.
5. Лабораторный практикум по курсу "Компьютерное моделирование интегральных приборов" / Е.А. Артамонова [и др.]; Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2007. - 108 с.

3.3.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	лекции	компьютер с выходом в интернет, Zoom
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	компьютер с выходом в интернет, Zoom, доступ к удаленному серверу с системой моделирования Cadence

3.3.7. Система контроля и оценивания. Структура и график контрольных мероприятий

Оценка качества освоения теоретической части проводится с использованием тестирования в Moodle-ОРИОКС. Выполнение лабораторных работ оценивается представлением отчета по работе и/или тестирования после работы. Зачет по дисциплине ставится по результатам тестирования и выполнения/оформления отчета/тестирования по всем лабораторным работам.

«Введение в проектирование аналоговых блоков СнК в САПР Cadence»

3.4.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель дисциплины - формирование компетенций в области проектирования низкочастотных аналоговых интегральных схем с учетом заданных требований. Рассматриваются вопросы учета влияния технологических и топологических параметров структуры транзисторов на параметры эквивалентных схем активных интегральных приборов; принципы работы основных схемотехнических базовых элементов; формирование навыков схемотехнического проектирования по заданным параметрам с использованием автоматизированных программных средств моделирования; изучения методов малосигнального анализа схем выполненных на биполярных и МДП-транзисторах.

3.4.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенций: Способен проектировать аналоговые блоки СнК в САПР Cadence (ПК-4)

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания: маршрута топологического проектирования и верификации аналоговых блоков; особенностей проектирования контактных площадок; особенностей финализации проекта.

Умения: пользоваться программными средствами топологического моделирования и проектирования.

Опыт деятельности: по интеграции топологических представлений отдельных аналоговых блоков в состав топологии СнК и финализации проекта.

3.4.3. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	ЭО или ДОТ, час			Самост. работа, час
			Лекции, час	Практ.Зан. час	Лаб.зан. час	
1.	Проектирование элементов низкочастотных аналоговых интегральных схем с учетом заданных требований	26	8	-	8	10
2	Проектирование и моделирование аналоговых блоков СнК в САПР Cadence	18	2	-	6	10
	Всего	44	10	-	14	20
Итоговая аттестация: зачет						

3.4.4. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Малосигнальные эквивалентные схемы полевого транзистора, схемы включения с общим истоком, общим стоком и общим затвором.	1
1	Интегральные транзисторы. Дифференциальные проводимости, малосигнальные эквивалентные схемы биполярного транзистора.	1
1	Элементарные усилительные каскады, схемы включения с общим эмиттером, общим коллектором, общей базой.	1
1	Интегральные источники тока. Токовые зеркала, методы температурной стабилизации источников постоянного тока	1
1	Дифференциальные усилители. Особенности и основные характеристики дифференциальных усилителей.	1
1	Дифференциальные усилители. Теорема бисекции. ДУ на КМДП- транзисторах	1
1	Операционные усилители. Основные определения. Операционные усилители. Способы включения.	1
1	Операционные усилители. Методы проектирования. Структурная схема. Расчет основных характеристик. Примеры выполнения операционных усилителей	1
2	Искажения сигналов и шумы в современных БИС. Особенности проектирования аналоговых СФ-блоков. Синхронизация и связность сигналов в СНК, элементы подсистем синхронизации для СФ-блоков.	1
2	Моделирование аналого-цифровых систем с использованием языка Verilog-A. Защита микросхем от электростатического разряда и оптимизация элементов защиты ИМС от электростатического разряда. Тепловые процессы в интегральных микросхемах.	1

Практические занятия

не предусмотрены

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1	Исследование дифференциальных каскадов на МДП транзисторах	2
1	Исследование статических и динамических характеристик операционного усилителя	2

1	Исследование источников тока и их основных характеристик	2
1	Исследование источников напряжения и их основных характеристик	2
2	Изучение особенностей проектирования аналоговых блоков в составе аналогово-цифровых устройств с минимальными размерами элементов до 90 нм. Разработка и моделирование нанометрового аналогового блока в программе Spectre. Статистический анализ. Характеризация моделей.	2
2	Освоение методов аналого-цифрового моделирования смешанных устройств с минимальными размерами элементов до 90 нм. Разработка поведенческой модели аналого-цифровой нанометровой системы на кристалле с использованием языков Verilog – А и Verilog HDL.	2
2	Изучение основных операций физического проектирования цифровых и аналоговых блоков СНК с минимальными размерами элементов до 90 нм. Синтез топологии нанометрового цифрового блока. Прогноз выхода годных. Распределение блоков по уровням ограничений. Функциональная и физическая верификация проекта.	2

Самостоятельная работа слушателей

№ модуля дисциплины	Объем работы (часы)	Вид СРС
1	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
2	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.

3.4.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств : [Учеб. пособие] / Г.И. Волович. - 3-е изд. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2011. - 528 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/61027> (дата обращения: 14.12.2020). - ISBN 978-5-94120-254-6
2. Миндеева А.А. Элементная база аналоговых схем : Учеб. пособие / А.А. Миндеева; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2012. – 184 с.
3. Шишина Л.Ю. Элементная база биполярных цифровых ИС : Конспект лекций по курсу "Элементная база БИС" / Л.Ю. Шишина. - М. : МИЭТ, 1998. - 116 с.
4. Основы топологического проектирования интегральных микросхем : Учеб. пособие / В.В. Баринов [и др.]; Под ред. В.Ф. Онацько. - М. : МИЭТ, 1994. - 120 с.
5. Эннс В.И. Проектирование аналоговых КМОП - микросхем [Текст] : Краткий справочник разработчика / В.И. Эннс, Ю.М. Кобзев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. -

454 с.

6. Титце У. (Tietze U.). Полупроводниковая схемотехника = Halbleiter-Schaltungstechnik : [В 2 т.] : Пер. с нем. Т. 1 / У. Титце, К. Шенк. - М. : ДМК Пресс : ДОДЭКА-XXI, 2008. - 832 с.
7. Титце У. (Tietze U.). Полупроводниковая схемотехника = Halbleiter-Schaltungstechnik : [В 2 т.] : Пер. с нем. Т. 2 / У. Титце, К. Шенк. - М. : ДМК Пресс : ДОДЭКА-XXI, 2008. - 944 с.

3.4.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	лекции	компьютер с выходом в интернет, Zoom
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	компьютер с выходом в интернет, Zoom, доступ к удаленному серверу с системой моделирования Cadence

3.4.7. Система контроля и оценивания. Структура и график контрольных мероприятий

Оценка качества освоения теоретической части проводится с использованием тестирования в Moodle-ОРИОКС. Выполнение лабораторных работ оценивается представлением отчета по работе и/или тестирования после работы. Зачет по дисциплине ставится по результатам тестирования и выполнения/оформления отчета/тестирования по всем лабораторным работам.

3.5. Рабочая программа практики

3.5.1. Цель реализации практики

Цель программы - повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации в области использования программных средств для проектирования аналоговых и цифровых блоков наноразмерных СнК

3.5.2. Требования к результатам обучения

Практика участвует в формировании профессиональной компетенций – способен использовать программные средства для схемотехнического моделирования и проектирования аналоговых и цифровых блоков наноразмерных СнК (ПК-1), способен разрабатывать топологическое представление нанoeлектронных систем на кристалле в САПР Cadence (ПК-2), способен использовать программные средства для разработки функционально-логического представления цифровых блоков в САПР Cadence (ПК-3), способен проектировать аналоговые блоки СнК в САПР Cadence (ПК-4).

В результате освоения данной программы слушатель должен иметь:

Знания: Основные принципы построения электрических схем простейших элементов, Языки поведенческого описания (Verilog-A(AMS), VHDL, Mathlab)

Умения: Разрабатывать аналоговые блоки, проводить моделирование аналоговых блоков средствами САПР, использовать функциональные возможности и способы применения программных пакетов систем автоматизированного проектирования

Опыт деятельности: Разбиение аналоговых блоков на функциональные субблоки небольшого размера; разработка схемотехнических решений функциональных субблоков, создание символьных представлений; Разработка и описание тестовых окружений для аналоговых субблоков; Разработка необходимых наборов тестов для верификации СФ-блоков, измерение основных статических характеристик СФ-блока.

3.5.3. Содержание практики

Учебный план практики

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	ЭО или ДОТ, час			Самост. работа, час
			Лекции, час	Практ. зан. час	Лаб.зан. час	
1	Проектирование топологии СнК в САПР Cadence	20	-	-	-	20
2	Синтез логических схем из поведенческого описания в САПР Cadence	20	-	-	-	20
3	Проектирование элементов низкочастотных аналоговых интегральных схем с учетом заданных требований в САПР Cadence	16	-	-	-	16
	Всего	56	-	-	-	56
	Итоговая аттестация: зачет					

Типовое задание по практике приведено далее:

1. Исследование статических характеристик цифрового элемента.
2. Разработка и моделирование RTL описаний последовательных схем
3. Смешанное моделирование VERILOG NETLIST счетчика.
4. Исследование дифференциальных каскадов на МДП транзисторах

3.5.4. Учебно-методическое обеспечение практики

1. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс): Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Под ред. О.П. Глудкина. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 768 с.
2. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники / А.Г. Алексенко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых знаний. Физматлит : Юнимедиастайл, 2002. - 448 с.
3. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : Учеб. пособие / В.И. Старосельский; [Под ред. Ю.А. Парменова]. - М. : Юрайт : Высшее образование, 2009. - 463 с.
4. Эннс В.И. Проектирование аналоговых КМОП - микросхем: Краткий справочник разработчика / В.И. Эннс, Ю.М. Кобзев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 454 с.
5. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств : [Учеб. пособие] / Г.И. Волович. - 3-е изд. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2011. - 528 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/61027> (дата обращения: 14.12.2020). - ISBN 978-5-94120-254-6
6. Эннс В.И. Проектирование аналоговых КМОП - микросхем [Текст] : Краткий справочник разработчика / В.И. Эннс, Ю.М. Кобзев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 454 с.
7. Титце У. (Tietze U.). Полупроводниковая схемотехника = Halbleiter-Schaltungstechnik : [В 2 т.] : Пер. с нем. Т. 1 / У. Титце, К. Шенк. - М. : ДМК Пресс : ДОДЭКА-XXI, 2008. - 832 с.
8. Титце У. (Tietze U.). Полупроводниковая схемотехника = Halbleiter-Schaltungstechnik : [В 2 т.] : Пер. с нем. Т. 2 / У. Титце, К. Шенк. - М. : ДМК Пресс : ДОДЭКА-XXI, 2008. - 944 с.

3.5.5. Материально-технические условия реализации практики

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютер пользователя	практика	САПР Cadence, САПР TCAD, удаленный доступ к серверу МИЭТ с ПО

3.5.6. Система контроля и оценивания практики

Для получения зачета по практике нужно оформить отчет по практике, который представляет собой результаты выполнения заданий на дисциплины практики. Отчет по практике оформляется как итоговая аттестационная работа.

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Описание учебно-методического и материально-технического обеспечения программы переподготовки приведено в рабочих программах учебных дисциплин (модулей), практик.

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы осуществляется в ходе сдачи/защиты ИАР. Допуском к защите является наличие зачетов по всем дисциплинам учебного плана и зачета по практике. ИАР оформляется как результаты практики, выстроенные в логической последовательности.

Формируемые компетенции описаны ранее в разделе 1.3.

Критерии оценки ИАР приведены далее:

№	Критерии оценки ИАР	Максимальный балл
1	Соблюдение календарного плана выполнения ИАР	30
2	Практическая ценность ИАР	10
3	Научно-исследовательский характер работы	10
4	Соответствие оформления ИАР требованиям ГОСТ	10
5	Глубина проработки теоретического материала	15
6	Новизна применяемых методик	15
7	Степень использования САПР для выполнения расчетов	10

Оценка “удовлетворительно” ставится при наборе 50-75 баллов;

Оценка “хорошо” ставится при наборе 76-84 баллов;

Оценка “отлично” ставится при наборе более 85 баллов.

Разработчики программы:

д.т.н., профессор каф. ИЭМС

д.т.н., профессор каф. ИЭМС



Т.Ю. Крупкина

В.В. Лосев

Согласовано:

Директор ДРОП

Зам.зав.каф. ИЭМС



Н.Ю. Соколова

Т.Ю. Крупкина